

4. Etudes de cas et résultats des simulations techniques et économiques: Cas du secteur tertiaire

Amin Chtioui
GIZ - DMS



Description des cas – Aperçu

2



Secteur	ID	Projet	Utilisation	T*SOL	Capteur
		Type	Demande	Type du système	Technologie
Secteur Tertiaire	TS1	Hotel	Chauffage de l'eau (DHW) 25-85°C	A 2	plan, tubes sous vide
Secteur Tertiaire	TS2	Hopital	Chauffage de l'eau et des locaux 25-85°C	A 4	plan, tubes sous vide
Secteur Tertiaire	TS3	Piscine inérieure Pubique	Chauffage de piscine 25-60°C	B 6.2	plan
Secteur Tertiaire	TS4	Résidence collective	Chauffage de l'eau (DHW) 25-85°C	A 2	plan, tubes sous vide

TS 1: Hôtel / Chauffage de l'eau sanitaire

3



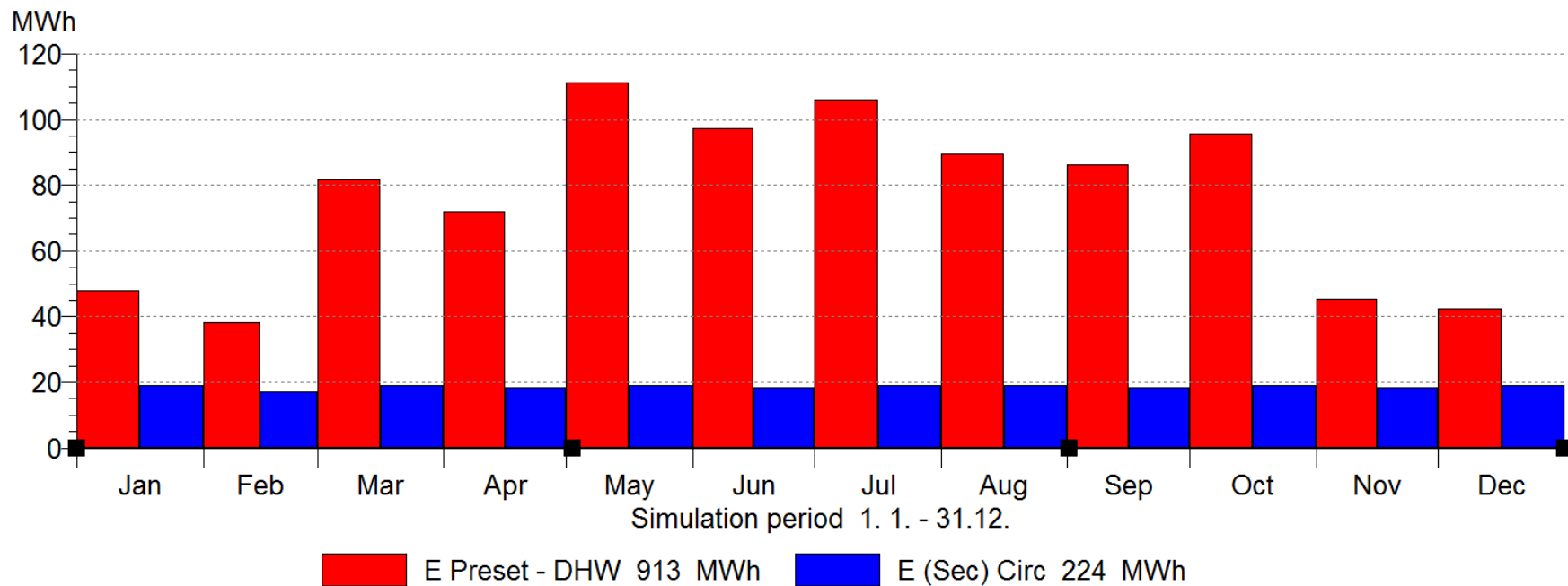
- 570 Chambres,
- Sousse
- Demande en eau chaude: 22.000 m³ à 55°C /an
- Profil horaire mesuré

Heating System (natural gas, heating oil)	Naturel gas
Efficiency	85% (89% combustion)
Thermal capacity installed/boiler (kW)	6280
Number of boilers	5
Temperature range (°C)	54°C-80°C
years of installation	More than 15 years
with circulation	yes
One way length of piping system	190 m
subsector	hotelkeeper
climate zone (coast, desert)	coast

Profile in % of the annual demand (in sum 100%)												
Jan	Feb	Mar	Apr	May	Jun	Jul	Aug	Sep	Oct	Nov	Dez	Sum
1.080	957	1.834	1.694	2.616	2.452	2.624	2.241	2.197	2.299	1.105	960	22059
4,9%	4,3%	8,3%	7,7%	11,9%	11,1%	11,9%	10,2%	10,0%	10,4%	5,0%	4,4%	100%

(in sum 100%)	Profile in % of the daily demand (in sum 100%)																								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	Sum
Mon	1,2%	1,2%	1,3%	1,3%	1,2%	1,1%	2,8%	6,7%	8,1%	9,3%	9,0%	8,3%	5,8%	4,7%	6,5%	7,4%	6,1%	3,5%	3,1%	3,7%	2,8%	1,9%	1,5%	1,5%	1
Thu	2,0%	1,6%	1,2%	1,1%	1,7%	3,0%	3,4%	6,9%	9,9%	7,0%	4,9%	4,7%	4,7%	5,3%	6,0%	6,4%	5,1%	4,1%	4,5%	5,4%	4,0%	2,6%	2,2%	2,4%	1
Wed	1,7%	1,4%	1,1%	0,9%	1,3%	2,1%	3,7%	7,5%	7,0%	7,5%	8,0%	7,9%	5,0%	4,7%	6,6%	7,2%	5,9%	3,2%	3,3%	4,6%	3,0%	2,2%	2,1%	2,0%	1
Thu	1,7%	1,4%	1,1%	0,9%	1,3%	2,1%	3,7%	7,5%	7,0%	7,5%	8,0%	7,9%	5,0%	4,7%	6,6%	7,2%	5,9%	3,2%	3,3%	4,6%	3,0%	2,2%	2,1%	2,0%	1
Fry	1,7%	1,4%	1,1%	0,9%	1,3%	2,1%	3,7%	7,5%	7,0%	7,5%	8,0%	7,9%	5,0%	4,7%	6,6%	7,2%	5,9%	3,2%	3,3%	4,6%	3,0%	2,2%	2,1%	2,0%	1
Sat	1,7%	1,4%	1,2%	1,0%	1,9%	3,0%	3,5%	8,4%	7,4%	7,9%	8,5%	8,2%	5,5%	3,8%	3,8%	3,6%	3,9%	3,6%	4,0%	4,8%	5,0%	3,5%	2,3%	1,9%	1
Sun	2,3%	1,6%	1,4%	1,2%	1,2%	1,4%	2,3%	6,0%	#####	6,9%	6,0%	5,2%	5,3%	5,1%	4,8%	4,7%	5,6%	5,0%	4,8%	5,8%	4,3%	3,2%	2,6%	2,5%	1

TS 1: Hôtel / Chauffage de l'eau sanitaire: profil optimal du à la haute demande en été

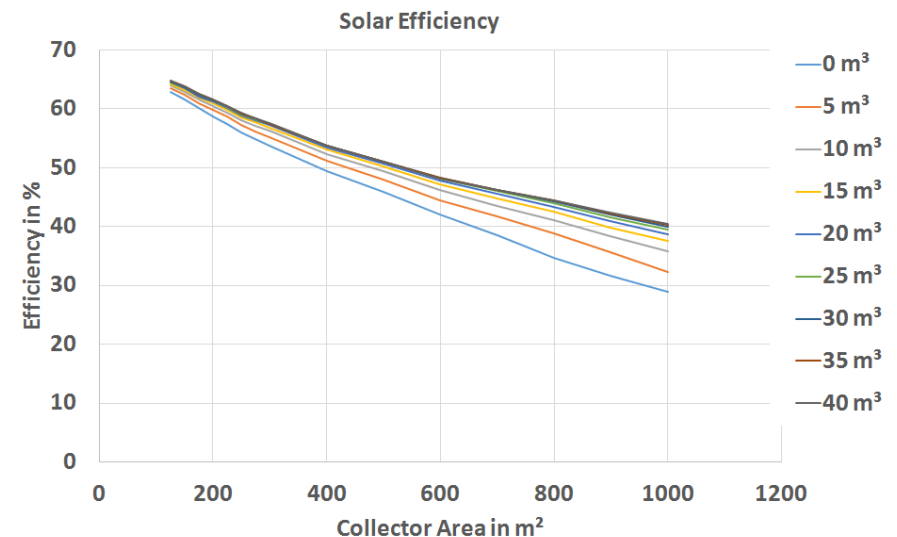
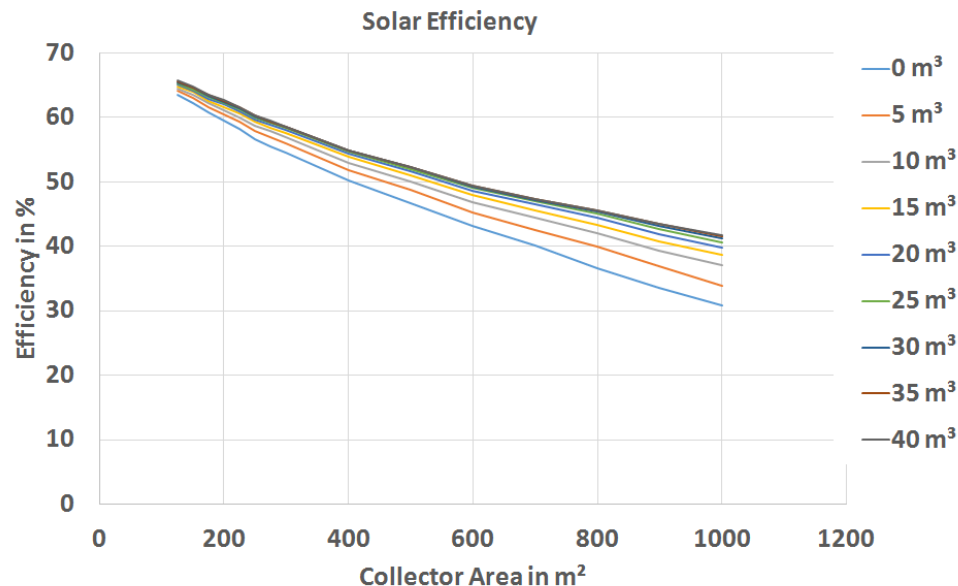
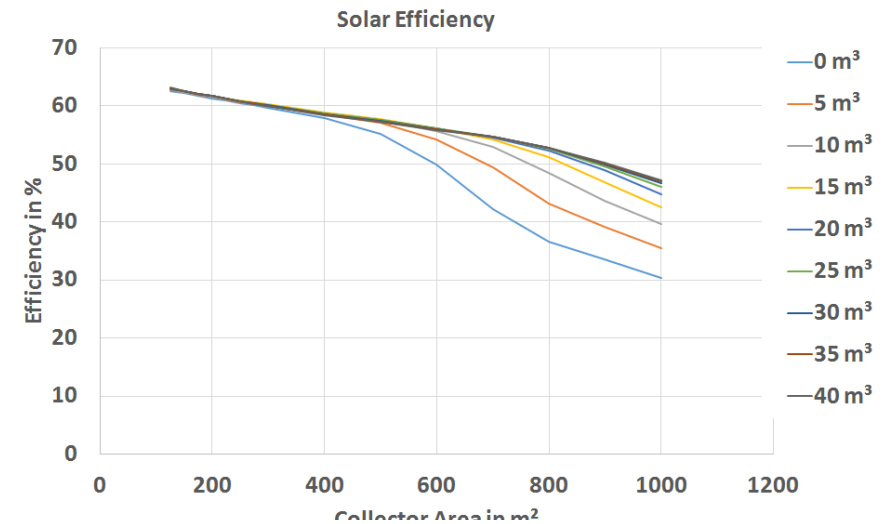
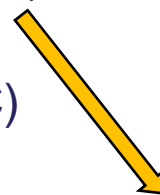


TS 1 - Efficacité solaire: le CPC est plus efficace pour les grandes surfaces

5



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN



Les différences d'irradiation n'affecte pas la variation de l'efficacité

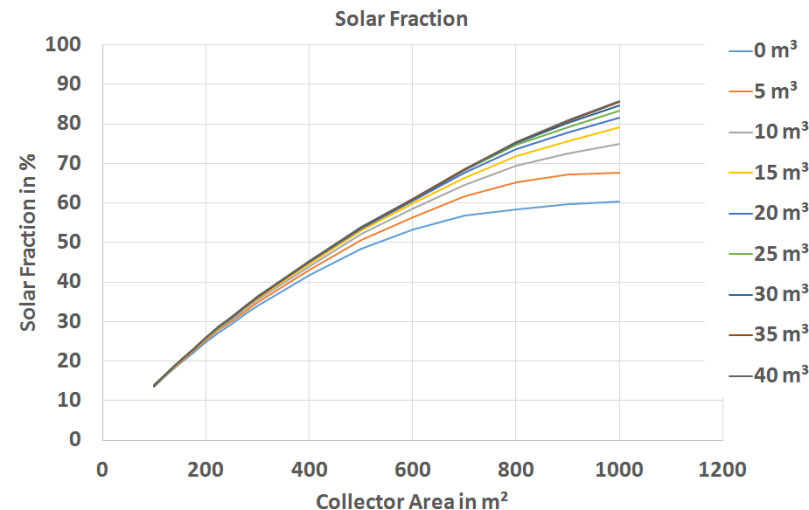
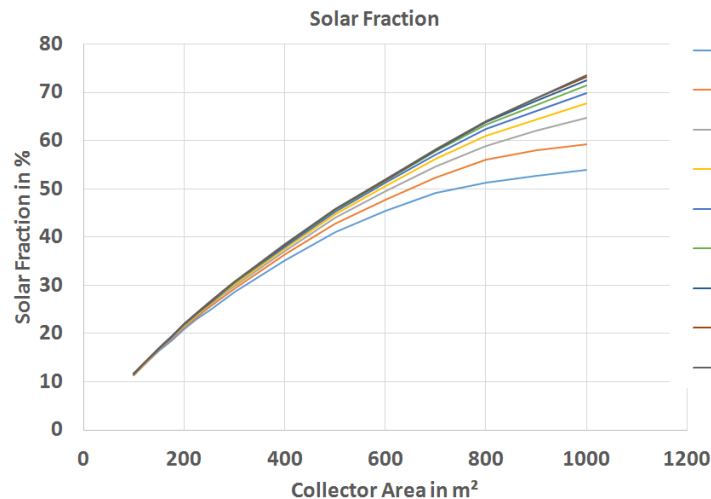
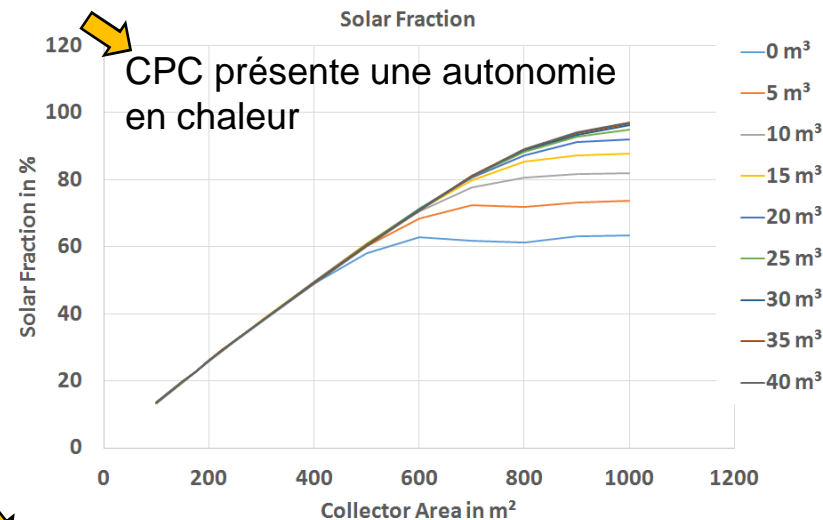
TS 1-Fraction solaire : la fraction solaire augmente proportionnellement avec la surface des capteurs

6



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN

FPC est moins efficace pour les grandes surfaces de capteur

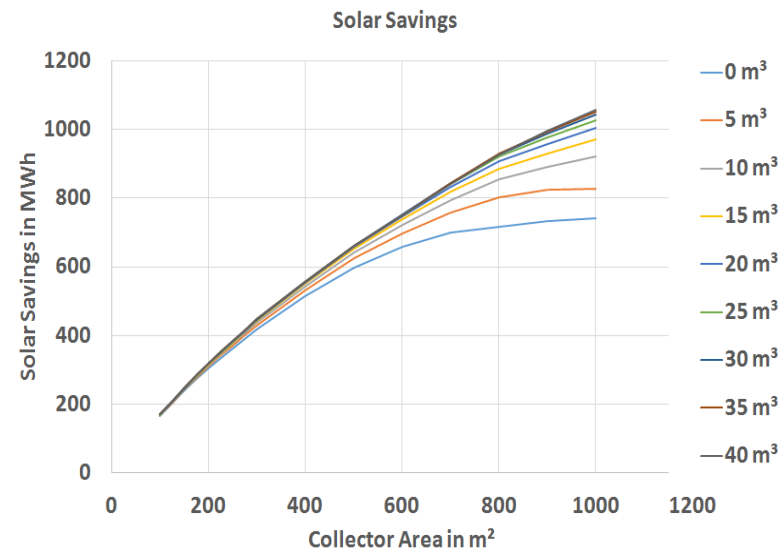
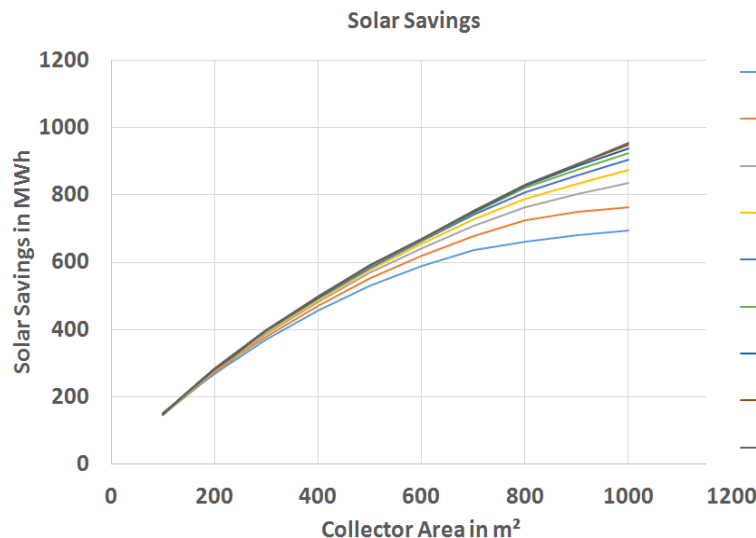
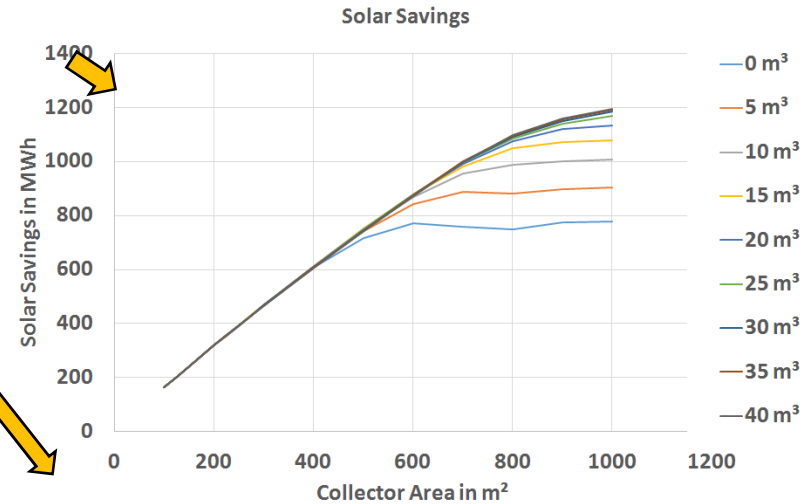
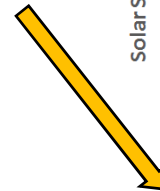


TS 1-Economie Solaire : L'augmentation du stockage conduit à une meilleure autonomie en chaleur pour les grandes surfaces de capteurs

7



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN



© BSW-Solar

La différence d'irradiation solaire se traduit directement par une différence d'économie solaire

TS 1-choix du volume de stockage doit tenir compte de la technologie, de la surface de capteurs et de la localisation

8



- A Djerba: le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN

NPV [TD*1000]	100 m²	200 m²	300 m²	400 m²	500 m²	600 m²	700 m²	800 m²	900 m²	1000 m²
0 m³	163	317	467	612	711	720	617	528	509	455
5 m³	147	302	453	603	746	832	833	747	714	667
10 m³	131	287	438	587	743	863	938	925	882	834
15 m³	115	271	422	570	727	863	967	1015	991	945
20 m³	99	254	405	552	707	850	970	1044	1062	1027
25 m³	83	238	388	534	687	832	962	1047	1081	1074
30 m³	67	222	371	516	667	811	950	1043	1081	1086
35 m³	51	206	354	498	648	792	934	1034	1076	1082
40 m³	36	189	337	480	629	772	916	1021	1066	1072
Maximum	163	317	467	612	746	863	970	1047	1081	1086

NPV [TD*1000]	100 m²	250 m²	275 m²	300 m²	400 m²	500 m²	600 m²	700 m²	800 m²	900 m²	1000 m²
0 m³	210	437	468	498	596	674	713	725	697	672	636
5 m³	196	436	469	501	609	707	765	814	833	821	776
10 m³	181	429	465	499	612	721	796	863	910	924	925
15 m³	165	419	456	491	609	723	810	889	950	976	1001
20 m³	150	406	443	480	599	716	805	900	972	1008	1042
25 m³	134	391	429	466	587	705	797	897	981	1025	1066
	119	376	414	451	572	690	783	885	977	1030	1077
	103	361	398	435	556	673	766	869	965	1026	1079
	87	345	382	419	539	655	746	848	945	1013	1072
um	210	437	469	501	612	723	810	900	981	1030	1079

NPV [TD*1000]	100 m²	300 m²	400 m²	500 m²	600 m²	700 m²	800 m²	900 m²	1000 m²
0 m³	28	43	35	25	2	-24	-62	-101	-139
5 m³	13	34	30	26	10	-7	-29	-63	-102
10 m³	-3	23	22	21	11	0	-14	-38	-62
15 m³	-19	10	11	12	6	0	-9	-29	-46
20 m³	-35	-4	-2	1	-5	-5	-10	-27	-40
25 m³	-51	-19	-16	-12	-17	-16	-17	-30	-40
30 m³	-67	-34	-31	-27	-31	-30	-28	-38	-46
35 m³	-83	-50	-47	-43	-47	-45	-43	-49	-54
40 m³	-99	-66	-63	-59	-64	-62	-60	-65	-66
Maximum	28	43	35	26	11	0	-9	-27	-40

TS 1- Choix du meilleur système : La technologie solaire VS GPL est très rentable même pour les installations de grandes surfaces

9



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN

Collector Area [m²]	Extra Volume [m³]	Spec. Solar Yield [kWh/m²]	LHC /MWh	[TD]	NPV [TD]	IRR [%]	DPP [y]	SPP [y]
100	0	1440	81,7		162.686	17,7	7,9	6,4
200	0	1398	81,5		316.553	17,8	7,9	6,4
300	0	1365	80,8		467.131	18,0	7,8	6,3
400	0	1332	80,1		611.876	18,1	7,7	6,3
500	5	1309	80,9		745.693	18,0	7,8	6,3
600	15	1287	82,9		863.161	17,5	8,0	6,5
700	20	1247	83,4		970.080	17,4	8,0	6,5
800	25	1193	84,8		1.046.991	17,2	8,1	6,6
900	30	1124	87,3		1.081.486	16,7	8,4	6,7
1000	30	1042	89,7		1.086.210	16,3	8,6	6,9

Collector Area [m²]	Extra Volume [m³]	Spec. Solar Yield [kWh/m²]	LHC /MWh	[TD]	NPV [TD]	IRR [%]	DPP [y]	SPP [y]
100	0	1463	54,2		209.973	26,3	5,2	4,5
200	0	1340	57,8		373.746	24,9	5,5	4,7
300	5	1258	63,9		500.850	22,7	6,1	5,2
400	10	1193	67,9		612.139	21,4	6,5	5,4
500	15	1150	70,1		723.184	20,8	6,7	5,6
600	15	1084	71,3		809.865	20,5	6,8	5,6
700	20	1048	73,0		900.439	20,1	6,9	5,8
800	25	1013	74,5		980.816	19,7	7,1	5,9
900	30	966	76,8		1.029.723	19,1	7,3	6,0
1000	35	926	78,6		1.079.353	18,7	7,4	6,1

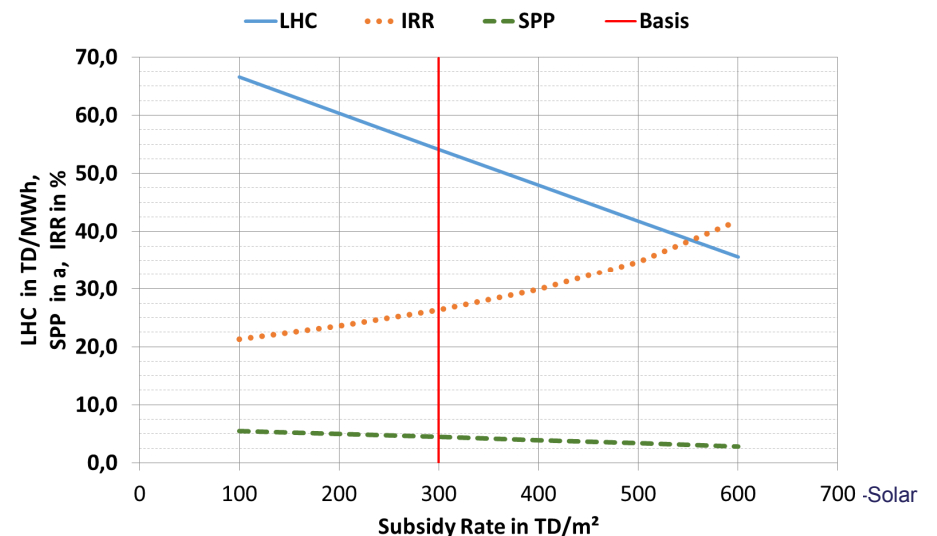
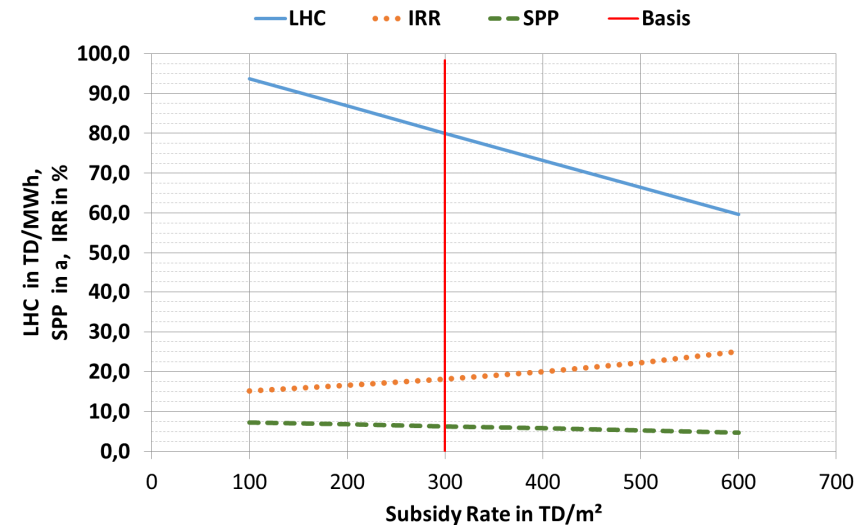
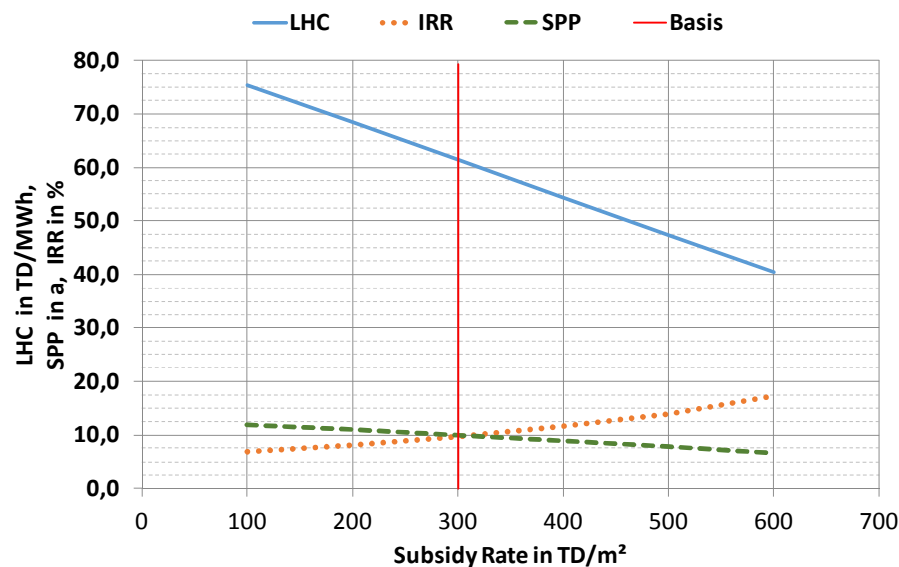
Collector Area [m²]	Extra Volume [m³]	Spec. Solar Yield [kWh/m²]	LHC /MWh	[TD]	NPV [TD]	IRR [%]	DPP [y]	SPP [y]
100	0	1291	61,4		28.409	9,7	14,0	9,9
200	0	1185	65,3		42.023	8,9	15,1	10,5
300	0	1087	69,5		42.664	8,0	16,3	11,1
400	0	1004	73,4		35.385	7,3	17,4	11,6
500	5	976	76,6		25.661	6,8	18,5	12,1
600	10	940	79,6		11.002	6,3	19,4	12,5
700	15	915	81,3		360	6,0	20,0	12,7
800	15	869	82,6		-9.414	5,8	20,4	12,9
900	20	838	84,6		-26.869	5,5	21,1	13,2
1000	20	796	85,9		-39.774	5,3	21,6	13,4

TS 1-Sensibilité de la subvention : L'augmentation de la subvention (Diminution des coûts des systèmes) entraine systématiquement la diminution du Coût de Production de la Chaleur (LHC)

10



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN

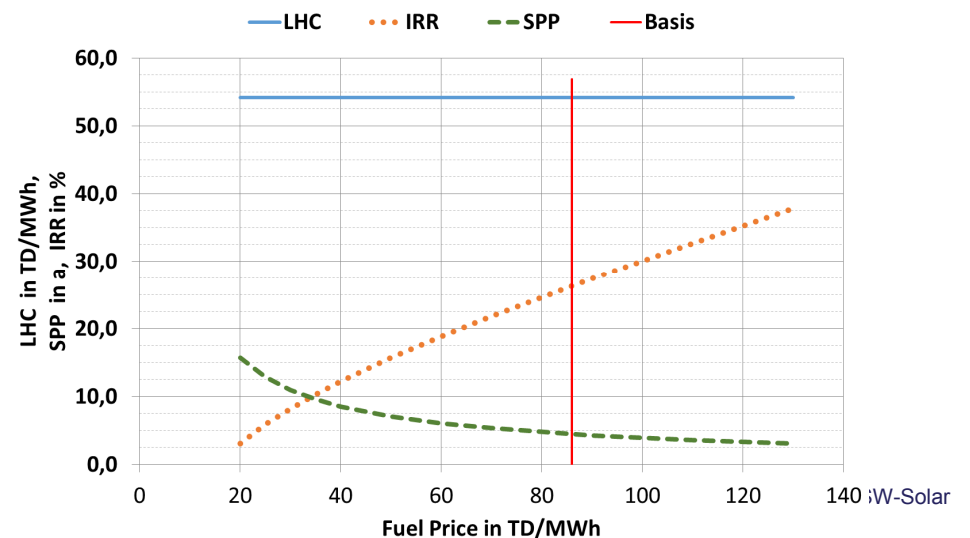
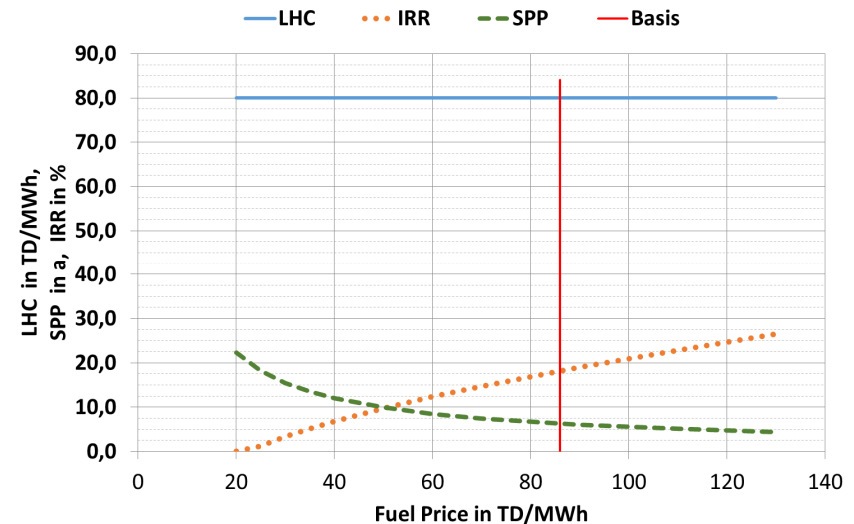
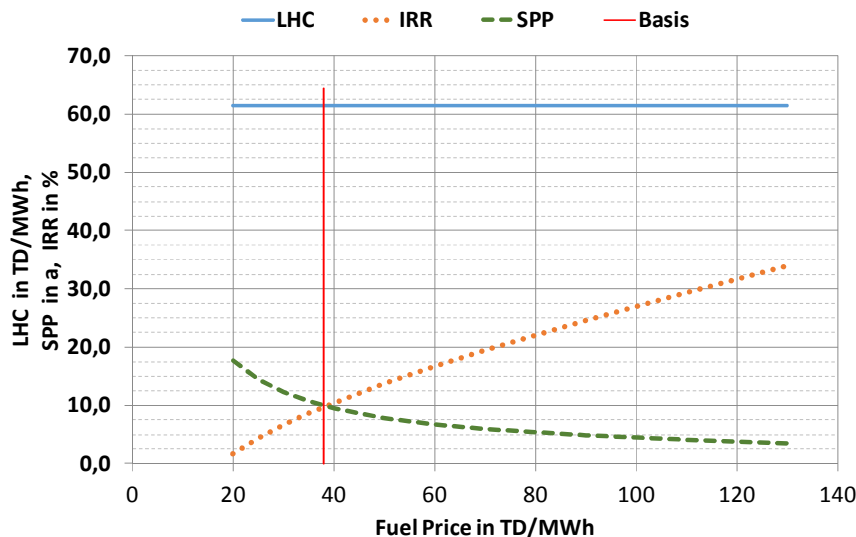


TS 1-Sensibilité du cout du combustible : Les couts élevées des combustibles ont un impact significatif sur le temps de retour sur investissement et le taux de rentabilité interne (SPP & IRR)

11



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN

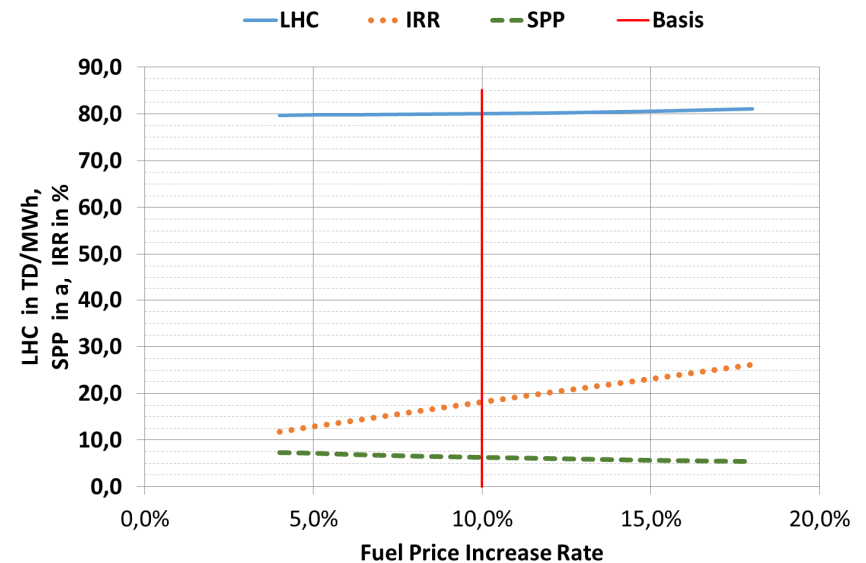
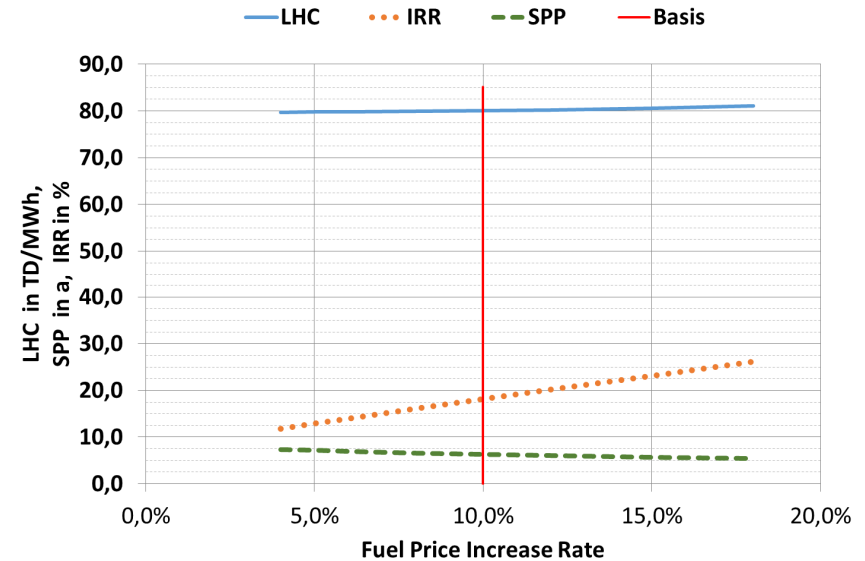
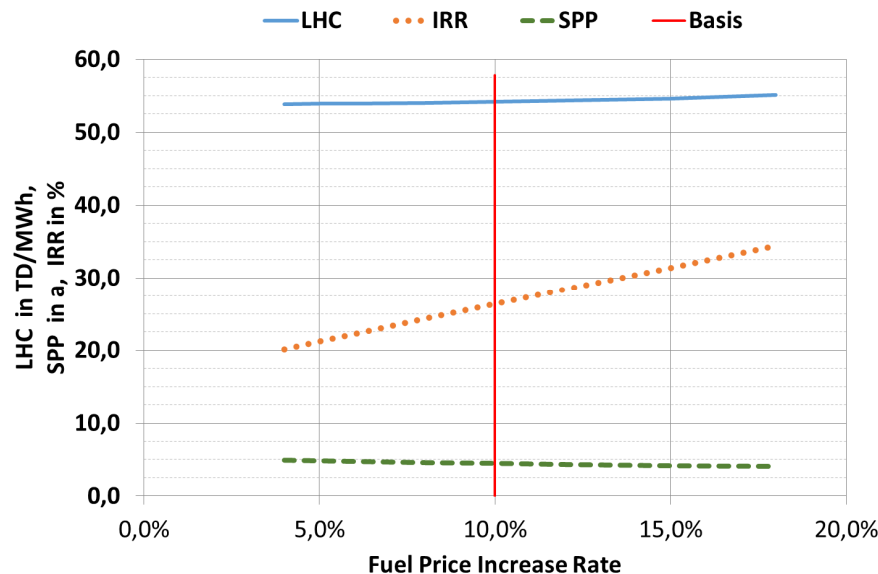
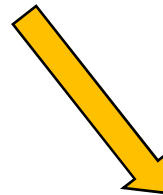


TS 1-Sensibilité du taux d'augmentation du coût de l'énergie: les temps de retour diminuent pour les taux d'augmentation des coûts de l'énergie assez importants

12



- A Djerba : le capteur à tubes sous vides (CPC) comparé au GPL
- A Djerba : le capteur plan (FPC) comparé au GPL
- A Tunis : le capteur plan (FPC) comparé au GN



Matrice de rentabilité des meilleurs cas pour le secteur tertiaire

13



ID	Case	Demand	Location	Type	Fuel	Area [m ²]	LHC [TD/MWh]	NPV [TD]	IRR [%]	DPP [y]	SPP [y]
TS 1	Hotel	DHW + Circulation	Jerba	FPC	LPG	100	54,2	209.973	26,3	5,2	4,5
TS 4	Residence	DHW	Jerba	FPC	LPG	10	60,1	18.256	24,2	5,7	4,9
TS 3	Pool	Indoor Pool	Jerba	FPC	LPG	200	61,9	337.285	23,4	5,9	5,0
TS 2	Hospital	DHW + Circ + Space Heating	Jerba	FPC	LPG	100	63,2	179.565	22,8	6,1	5,1
TS 1	Hotel	DHW + Circulation	Jerba	CPC	LPG	400	80,1	611.876	18,1	7,7	6,3
TS 1	Hotel	DHW + Circulation	Tunis	FPC	NG	100	61,4	28.409	9,7	14,0	9,9
TS 4	Residence	DHW	Tunis	FPC	NG	10	67,4	1.822	8,5	15,6	10,8
TS 2	Hospital	DHW + Circulation	Tunis	FPC	NG	100	70,0	14.102	7,9	16,4	11,2
TS 3	Pool	Indoor Pool	Tunis	FPC	NG	150	71,1	18.660	7,7	16,8	11,3
TS 2	Hospital	DHW + Circ + Space Heating	Tunis	FPC	NG	100	72,4	11.603	7,5	17,2	11,5

- Tous les cas sont économiquement viables = NPV (VAN) positive et IRR
- Combustible= GN => SPP > 9,9 ans
- Combustible = GPL => 4,5 < SPP < 6,3 ans
- Les temps de retour sur investissement (SPP) sont plus intéressants à Djerba (< 6) qu'à Tunis (≥ 10 ans) en fonction du combustible.

Merci Pour Votre Attention